

深圳海积软土 地基加固技术与工程实践

丘建金 张旷成 文建鹏 著

中国建筑工程工业出版社



深圳海积软土地基 加固技术与工程实践

丘建金 张旷成 文建鹏 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

深圳海积软土地基加固技术与工程实践/丘建金等著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 3

ISBN 978-7-112-20408-3

I. ①深… II. ①丘… III. ①海积土-软土地基-地基处理-研究 IV. ①TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 027464 号

本书主要介绍了深圳常用地基处理方法如预压力法、强夯法、复合地基、海堤技术和软土深基坑工程技术, 并引用深圳的重大工程实例对这些工法进行详细地介绍和分析, 这些工程项目不仅规模巨大, 而且都是很有难度的软土加固工程。本书将岩土工程加固技术和工程实践紧密结合, 深入浅出地分析说明, 对于岩土工作者具有很好的参考价值。

本书适合从事岩土工程的技术人员与管理人员参考使用, 也可供高等院校相关专业师生参考。

* * *

责任编辑: 王 梅 杨 允

责任设计: 李志立

责任校对: 焦 乐 张 颖

深圳海积软土地基加固技术与工程实践

丘建金 张旷成 文建鹏 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京君升印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19¼ 字数: 479 千字

2017 年 8 月第一版 2017 年 8 月第一次印刷

定价: 56.00 元

ISBN 978-7-112-20408-3

(29953)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

序 一

改革开放以来，随着社会和经济快速发展，我国城市化水平不断提高，华东、华南等沿海发达地区发展更快。我国沿海地区遍布大面积的软土地基，软土地基具有承载力小、荷载作用下固结沉降量大且沉降持续时间长的特点。沿海地区城市建设面临许多软土地基处理问题。岩土材料工程性质区域性强，我国沿海天津黏土、上海黏土、杭州黏土、福州黏土、湛江黏土和深圳黏土等的强度特性、变形特性、渗透特性及其结构性都有差异。由于软黏土的工程性质难于把握，加上设计、施工阶段重视不够，常带来不少工程失误，甚至出现工程事故。因此要解决好软土地基处理问题，工程师必须善于利用一切方法和材料，包括工程经验总结、土工理论知识和室内外试验成果。将土工理论分析与工程实践经验有机结合起来，重视工程实例及测试数据的整理分析，认真总结工程经验，就显得尤为重要。

《深圳海积软土地基加固技术与工程实践》一书，通过搜集深圳软土地基大量的工程勘察资料和工程案例，总结分析室内试验、原位测试和计算分析的研究成果，系统总结了深圳地区软黏土的主要物理力学性质和工程特性，详细比较分析了深圳地区常用的多种软土地基处理技术及其应用成果，对深圳地区软黏土地基处理的勘察、设计、施工、检测、监测等方面进行了较全面、系统地分析和总结。这对提升地区经验，推动地基处理技术进步，具有十分重要的意义。

《深圳海积软土地基加固技术与工程实践》坚持理论分析与工程实践相结合，对改革开放以来深圳地区软土地基处理理论和工程实践作了较全面、系统地分析、总结和提升，具有较高的科技含量和参考应用价值。我乐于为之作序，并推荐给岩土工程同行。

中国工程院院士
浙江大学教授

龚晓南

2016年11月8日

序 二

近二十年来,沿海发达城市由于建设用地日益紧张,相继进行了较大规模的填海造地。其中又以深圳开展较早,而且规模大,土质软,难度大,问题多,积累的经验也最丰富。软土地区的填海造地勘察设计难于把握,地面沉降特别是工后沉降和差异沉降大,基坑事故频现,桩基质量也不易控制,主要原因就是人们对软土特性认识不足。目前,虽有一些文献对这些问题进行讨论,但系统梳理地区软土力学特性,深入进行理论研究,全面总结工程实践经验的论著并不多见。丘建金大师、张旷成大师等编著的《深圳海积软土地基加固技术与工程实践》一书,理论结合实际,全面介绍了深圳地区软土的分布、工程特性、软土加固的原理和技术、软土海堤成堤技术,并结合后海湾、前海湾、机场、宝安中心区、深港西部通道等典型工程,详细阐述了深圳地区常用地基处理方法,内容丰富,数据翔实,具有重要的工程应用价值和实践指导意义。

深圳市勘察测绘院有限公司在丘建金大师和顾问总工张旷成勘察大师的带领下,长期致力于深圳地区软土力学特性、岩土加固技术的理论研究和工程实践,系统总结了影响土体固结变形的物理指标,淤泥在不同试验条件下对应的抗剪强度指标,并对软土加固技术的原理和工程实践进行了深入、细致的研究和探索,取得了一大批丰硕成果,如预压加固技术、复合地基技术、海堤成堤技术、动静联合排水固结法以及软土地基的深基坑支护技术等。其中动静联合排水固结法由他们率先在珠三角进行实践并取得良好效果,该法后来被列入广东省和深圳市的地基处理技术规范,得到了推广应用。

《深圳海积软土地基加固技术与工程实践》一书,是丘建金大师、张旷成大师以及深圳市勘察测绘院同仁们辛勤劳动和智慧的结晶,从理论研究到工程实践,为广大读者提供了大量真实可靠的科学数据、深入浅出的设计理念和宝贵实用的工程经验,值得广大从事岩土工程勘察设计和科研人员借鉴。我很幸运,先读为快,并乐于为之作序,推荐给大家。

全国工程勘察设计大师: 彭宝和

2016年11月5日

序 三

近 20 年来,我国城市化进程明显加快,随着新的人口集聚、产业新区的发展和对环境与自然资源保护的逐步重视,使得城市原有建设用地的紧张问题日益突出。在这样的条件下,我国沿海等经济发达地区不得不通过大规模填海造地拓展新的建设用地。以深圳地区为例,迄今累计填海面积已超过 60km^2 ,而填海造地首先面临的是大量的软基处理问题,其对岩土工程师提出了巨大的挑战。在深圳地区的填海过程中,一方面软土加固的新技术、新工艺在工程中得以成功应用;另一方面,后续工程建设项目地基的工后沉降、基坑安全及桩基的成桩质量与施工安全等问题也更加突出,尚未完全得到充分的解决。因此,对相应的岩土工程理论和工程技术应用进行持续、深入的工程实践并加以总结与研究,对规避相关工程风险和提升解决填海造地中软土地基工程问题的能力与水平,无疑是十分必要和有益的。

《深圳海积软土地基加固技术与工程实践》一书以岩土工程理论为基础,紧密结合深圳地区填海工程的实践,通过丰富的工程勘察资料、设计与施工方法和工程检测、监测数据,系统介绍了深圳地区软土的工程特性和软土地基的常用处理方法,特别是在大面积填海区软土地基的预压法加固技术的应用方面。该书给出了大量的工程实践资料,对深圳填海区海堤的成堤技术和道路路基加固的复合地基技术进行了详细论述,对软土地基的静动联合排水固结法作了系统的介绍,并提供了深圳地区软土深基坑支护工程的典型案例,内容翔实、丰富。

通过《深圳海积软土地基加固技术与工程实践》一书,丘建金总工程师和张旷成勘察大师全面总结了大面积填海及软土地基处理工程中的宝贵实践经验,展示了他们通过富有价值的工程应用研究所获得的科学认识,具有很好的工程实践指导意义。相信本书的出版必将有助于软土地区工程建设中岩土工程技术的发展,为此感谢二位专家和他们率领的团队。

全国工程勘察设计大师:



2016 年 11 月 2 日

前 言

本书以作者扎实的岩土工程理论知识为基础，结合作者在深圳二十多年的工程实践，详细地论述了深圳地区软土工程加固技术，是一本实用性很强的专业书籍。书中介绍了深圳常用地基处理方法如预压法、强夯法、复合地基法，还介绍了深圳填海工程中的海堤技术和软土地基中的深基坑工程技术，书中利用作者在深圳二十多年参与的重大工程实例对这些工法进行了详细的介绍和分析，这些工程项目不仅规模巨大，如深圳前海填海及地基处理工程面积达 4.27km^2 ，深圳前海填海及地基处理工程面积达 3.65km^2 ，深圳宝安中心区海堤到前海海堤长约 10km ，而且都是很有难度的软土地基加固工程。

本书第1章是概述，介绍深圳的地形、地貌和地质条件，软土地基面临的问题，深圳常用的软基处理方法等；第2章介绍深圳地区软土的工程特性，作者以所在单位深圳市勘察测绘院有限公司在深圳近30年软土工程勘察资料为基础，对深圳软土的主要物理力学指标进行统计分析；为了分析淤泥在不同试验方法时所得的抗剪强度指标的差异，还专门取深圳前海滨海滩涂的淤泥试样做了直剪快剪、固结快剪和三轴固结不排水剪的对比试验；许多淤泥的物理力学参数和分析资料都是首次披露；另外，作者参与过的深圳重大工程咨询时积累的资料也一并用于深圳软土工程特性的分析之中，这些资料的分析对阐述深圳软土的特性是非常重要的。第3章是本书的重点章节，介绍了我院承担的深圳前海填海区（ 4.27km^2 ）、前海填海区（北侧一半约 3.65km^2 ）和深圳机场填海区（南侧局部约 1.55km^2 ）围海造地以及软基处理工程实例，工程规模巨大，处理难度大，地质条件复杂，许多软基处理技术在填海区都得到应用，是大面积软基处理的示范工程，其中深圳前海填海及软基处理工程获深圳市、广东省和行业优秀勘察设计工程奖一等奖；第4章介绍这些填海工程中的海堤形成技术，特别是从宝安中心区到前海填海区的海堤，连绵 10km ，沿线地质条件复杂，海堤成型后的景观要求高，设计和施工难度大，包括了深圳典型的抛石挤淤法、爆破挤淤法等斜坡海堤，也有开挖基床抛石基底加直立沉箱法形成的直立海堤，本章是了解深圳海堤形成技术的很好素材，其中深圳宝安中心区海堤工程获深圳市、广东省和行业优秀勘察设计工程奖一等奖；第5章介绍了软土地基静动联合排水固结法，该法是作者参与创建的新型软基加固方法，该法结合了堆载预压法和强夯法各自的优点，是适合深圳填海区路基和场坪软基处理的好方法，其中宝安区裕安路路基处理工程获深圳市和广东省优秀勘察设计工程奖一等奖和行业优秀勘察设计工程奖二等奖，静动联合排水固结法还被列入深圳市和广东省《建筑地基处理技术规范》中推广应用；第6章介绍填海区软土地基中的深大基坑工程技术，该类基坑由于地质条件很差，土压力计算不准，基坑风险很大，如果基坑还邻近地铁，设计就要非常小心，本章介绍了该类基坑的设计与施工应注意的主要问题，给出了5个工程实例，其中4个是邻近地铁的基坑，壹方中心基坑面积大，为 10.0万 m^2 ，华润中心基坑最深达 30.0m ，这些项目都是我们近几年做得较好的基坑项目。

本书对深圳软土的工程性质进行了详细的论述，结合大量的实际工程案例分析，作者

将岩土工程加固技术和工程实践紧密结合，深入浅出地进行分析说明，期望本书对于岩土工作者具有很好的参考价值。

本书第1章、第3.1节、第4.1节、第5章、第6.1节由丘建金执笔，第2章由张旷成大师执笔，丘建金和张旷成大师参与了全书的审稿工作，文建鹏参与了第3.1节的编写，并参与了第3章与第4章的审稿工作；第3章的案例由刘晨、高战祥、陈明编写，第4章的案例由张瑜编写，第6章的案例由莫进丰编写，第7章由刘霞起草、丘建金改写，刘霞对本书的图表进行了重新编辑，付出了大量的辛劳，刘霞和李拔通参与了全书的编辑工作。武汉大学的刘祖德教授、何其诚教授、刘一亮教授等参与了前海填海区等项目的咨询和设计工作，深圳市勘察测绘院的李爱国、汤国山、王志人、骆以道、胡双怀、赵辉、邬宝林、杨利伟、吕晶等参与了实际工程案例的设计或施工工作，在此一并表示感谢！可以说本书是深勘院近20多年来对深圳软土进行研究和工程实践的技术总结，是深勘院技术团队的集体创作成果。

深圳市勘察测绘院有限公司蔡衍钻董事长、唐伟雄总经理对本书在财力、人力和物力上给予了大力支持，使本书得以顺利出版问世，特此感谢！

感谢龚晓南院士、顾宝和勘察大师、沈小克勘察大师在百忙之中为本书热情作序。

书中疏误之处在所难免，敬请专家和读者批评指正。

丘建金 张旷成 文建鹏

2016年12月

目 录

序一

序二

序三

前言

第1章 概述	1
1.1 深圳地区软土的分布与填海区概况	1
1.1.1 深圳地形地貌和软土的分布	1
1.1.2 深圳填海区的基本概况	3
1.2 深圳软土的基本特征和主要工程问题	5
1.2.1 深圳软土的基本特征	5
1.2.2 软土地基的勘察问题	8
1.2.3 软土地基沉降问题	8
1.2.4 软土地区的桩基与基坑工程问题	11
1.3 深圳常用软基处理方法综述	12
1.3.1 软基处理技术的分类和进展	12
1.3.2 深圳地区常用的软基处理方法	13
参考文献	17
第2章 深圳海积淤泥的工程特性	18
2.1 深圳海积淤泥的时代、成因和固结历史	18
2.1.1 深圳海积淤泥的时代和成因	18
2.1.2 深圳海积淤泥的固结历史和前期固结压力	19
2.2 深圳海相淤泥的矿物成分、化学成分和颗粒组成	21
2.3 深圳海积淤泥的一般物理力学性质指标	22
2.4 深圳海积淤泥的抗剪强度	23
2.4.1 海积淤泥不同室内剪切试验方法结果对比	23
2.4.2 十字板剪切试验 c_u 值的性状和求算直剪固结快剪指标	24
2.4.3 用十字板剪切试验 c_u 值求算三轴固结不排水剪指标	27
2.5 深圳海积淤泥的压缩固结性指标	29
2.6 压缩、固结性指标的应用	30
2.6.1 根据 $e-p$ 曲线、 $e-\log p$ 曲线或含水率变化计算预压荷载下淤泥最终沉降量	30

2.6.2	用竖向固结系数、水平向固结系数和含水率变化计算预压后平均固结度	36
2.6.3	根据现场实测沉降 (s) 与时间 (t) 关系曲线求算最终沉降量	41
2.6.4	用次固结系数计算次固结沉降	45
参考文献		47
第3章 填海区大面积软基处理及路基加固技术		49
3.1	深圳填海与大面积软基处理技术概述	49
3.1.1	预压法在深圳的发展概况	49
3.1.2	预压法的机理和计算方法	50
3.1.3	预压法的设计要点	56
3.1.4	复合地基的设计与施工要点	60
3.2	深圳市后海湾填海工程软基处理案例	64
3.2.1	工程概况	64
3.2.2	设计总体思路	69
3.2.3	大面积场坪的软基处理技术与实践	71
3.2.4	海堤、隔堤及内水湖岸堤的成堤技术	77
3.2.5	市政道路软基处理技术与实践	83
3.2.6	小结	103
3.3	深圳前海合作区围海造陆及软基处理工程	104
3.3.1	工程概况	104
3.3.2	总体设计思路	106
3.3.3	大面积场坪 (A 地块) 软基堆载预压法处理	107
3.3.4	大面积场坪 (D 地块) 软基堆载预压法处理	119
3.3.5	道路及地铁周边场地软基处理	128
3.3.6	小结	137
3.4	深圳机场空港枢纽地区软基处理工程	138
3.4.1	工程概况	138
3.4.2	总体设计思路	141
3.4.3	货站区地基处理	143
3.4.4	建筑场地地基处理	146
3.4.5	沿江高速保护带地基处理	157
3.4.6	过渡带处理	158
3.4.7	小结	162
参考文献		163
第4章 围海造地工程中软土地基中的海堤技术		164
4.1	海堤与成堤技术概述	164
4.1.1	抛石挤淤成堤技术	164
4.1.2	爆破挤淤成堤技术	166

4.2 宝安中心区海堤设计 169

4.2.1 工程概况 169

4.2.2 工程地质条件 169

4.2.3 设计思路 171

4.2.4 设计施工方案 172

4.2.5 施工监测及检测结果 180

4.3 前海海堤设计 182

4.3.1 工程概况 182

4.3.2 工程地质条件 182

4.3.3 设计思路 184

4.3.4 设计施工方案 184

4.3.5 施工效果 188

4.4 小结 189

参考文献 189

第5章 软土地基的静动联合排水固结法 190

5.1 动力固结法的发展概况 190

5.2 静动联合排水固结法的机理和设计与施工方法 198

5.2.1 静动联合排水固结法加固机理 198

5.2.2 静动联合排水固结法的设计、施工和现场监控措施 204

5.3 深港西部通道填海区静动联合排水固结法试验研究 210

5.3.1 试验情况综述 210

5.3.2 现场试验的设计和施工情况 210

5.3.3 现场试验监测和检测成果与分析 211

5.3.4 现场大面积再堆载试验 218

5.3.5 现场试验总结 219

5.4 珠海观湖路小区软基加固实例 221

5.4.1 工程概况 221

5.4.2 监测结果及分析 224

5.4.3 检测结果及分析 230

5.5 深圳市宝安新中心区裕安路静动联合排水固结法工程实例 232

5.5.1 工程概况 232

5.5.2 路基地质条件 232

5.5.3 地基处理设计 233

5.5.4 施工 235

5.5.5 施工过程中监测 236

5.5.6 施工检测结果 238

5.5.7 工后沉降 240

5.6 小结 241

参考文献	241
第6章 软土中的深基坑支护技术	244
6.1 深圳地区基坑工程发展概况与特点	244
6.1.1 基坑工程的发展概况	244
6.1.2 深基坑工程的特点	245
6.1.3 基坑工程的主要问题	246
6.1.4 支护结构的选型	247
6.1.5 基坑工程的地下水控制	250
6.1.6 基坑监测	252
6.2 工程实例——邻近地铁的大型基坑壹方中心项目	253
6.2.1 工程概况	253
6.2.2 工程地质情况	254
6.2.3 工程设计方案	254
6.2.4 计算分析	258
6.2.5 基坑监测结果分析	261
6.2.6 小结	264
6.3 工程实例——大型超深基坑华润深圳湾工程的桩锚支护技术	265
6.3.1 工程概况	265
6.3.2 场地工程地质条件	265
6.3.3 工程设计方案	267
6.3.4 计算分析	270
6.3.5 监测结果与分析	272
6.3.6 小结	274
6.4 工程实例——内支撑与锚索共同作用的深圳湾一号基坑工程	275
6.4.1 工程概况	275
6.4.2 地质条件	276
6.4.3 设计方案	277
6.4.4 计算分析	278
6.4.5 监测结果与分析	278
6.4.6 小结	280
6.5 工程实例——双环形内支撑在邻近地铁的中海油大厦基坑项目	280
6.5.1 工程概况	280
6.5.2 地质条件	281
6.5.3 设计方案	282
6.5.4 计算分析	283
6.5.5 基坑施工与监测结果分析	286
6.5.6 小结	290
参考文献	290
第7章 结论与展望	291

第 1 章 概 述

深圳市位于中国广东省的南部，依山面海，是一个风光秀丽的海滨城市。深圳市东临大亚湾，与惠州市相连；西至珠江口伶仃洋，与中山市和珠海市隔海相望；南至深圳河，与香港毗邻；北与东莞市、惠州市接壤。深圳市全市总面积约 2020km²，其地理分布如图 1-1 所示。



图 1-1 深圳市地理分布图（2015 年版）

1.1 深圳地区软土的分布与填海区概况

1.1.1 深圳地形地貌和软土的分布

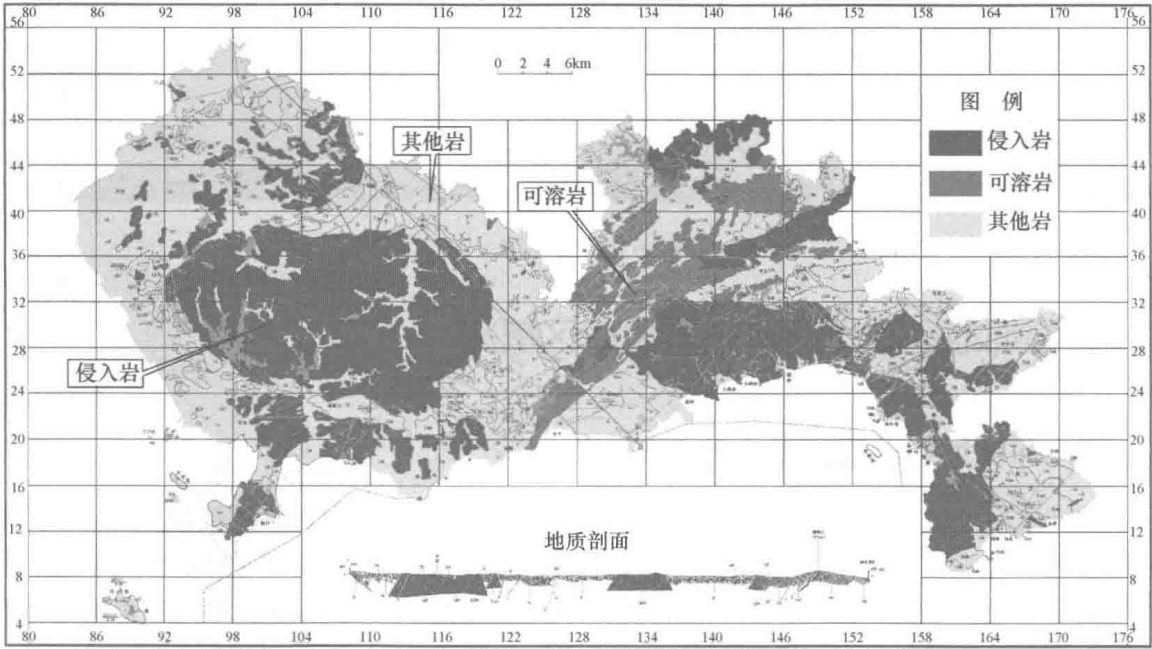
深圳地貌大致可归纳为 3 个地貌带：山地地貌、台地地貌和海岸地貌带。其中，海岸地貌带包括河成堆积阶地平原、海成堆积、阶地滩地、海河混合堆积平原、生物成堆积滩地等；山地地貌带包括低山、高丘陵、低丘陵；台地地貌带包括高台地、中台地、低台地。深圳市地形地貌分布如图 1-2 所示。

深圳地区基岩按成因分类，主要分为岩浆岩、沉积岩和变质岩。岩浆岩在不同的地质时代产出，侵入成因的加里东期和燕山期花岗岩的出露面积约占整个深圳地区面积的 50%；发生在侏罗纪的火山岩形成了梧桐山和七娘山，主要岩性为流纹质凝灰岩、凝灰质砂岩和含砾凝灰岩。沉积岩在各地质时代均有产生，以砂岩类岩石为主，局部为可溶岩类及页岩、泥岩，主要分布在龙岗区和观澜、平湖等地，其中可溶岩大约占整个深圳地区面积的 20%。变质岩产出在古生代，主要是混合质的变粒岩、花岗片麻岩、片岩或混合岩，



图 1-2 深圳市地形地貌分布图

主要分布在深圳地区西部，原特区内福田、罗湖两区也有零星分布。深圳地区基岩分布如图 1-3 所示。



注：本图中其他岩包括砂岩、砾岩、泥岩、变质岩等；可溶岩包括灰岩、大理岩；侵入岩包括花岗岩。

图 1-3 深圳地区基岩分布图

深圳地区软土主要分布在深圳市西海岸，东部零星分布。深圳西部地区软土从深圳湾到珠江入海口的东岸，即从深圳河口、深圳湾、后海湾、前海湾、西乡一沙井沿海滩涂地区，面积约 60.0km²，厚度一般为 3m~10m，最大厚度可达 20m。对于湖、塘、河、沟等处的薄层淤泥和埋藏于海积平原的海陆交互相沉积的第三纪淤泥质黏性土，湖沼相沉积

的含泥炭质黏性土，在深圳也有发现，其上往往沉积有褐黄色隐斑状结构的黏性土。深圳市西部地区软土分布如图 1-4 所示。

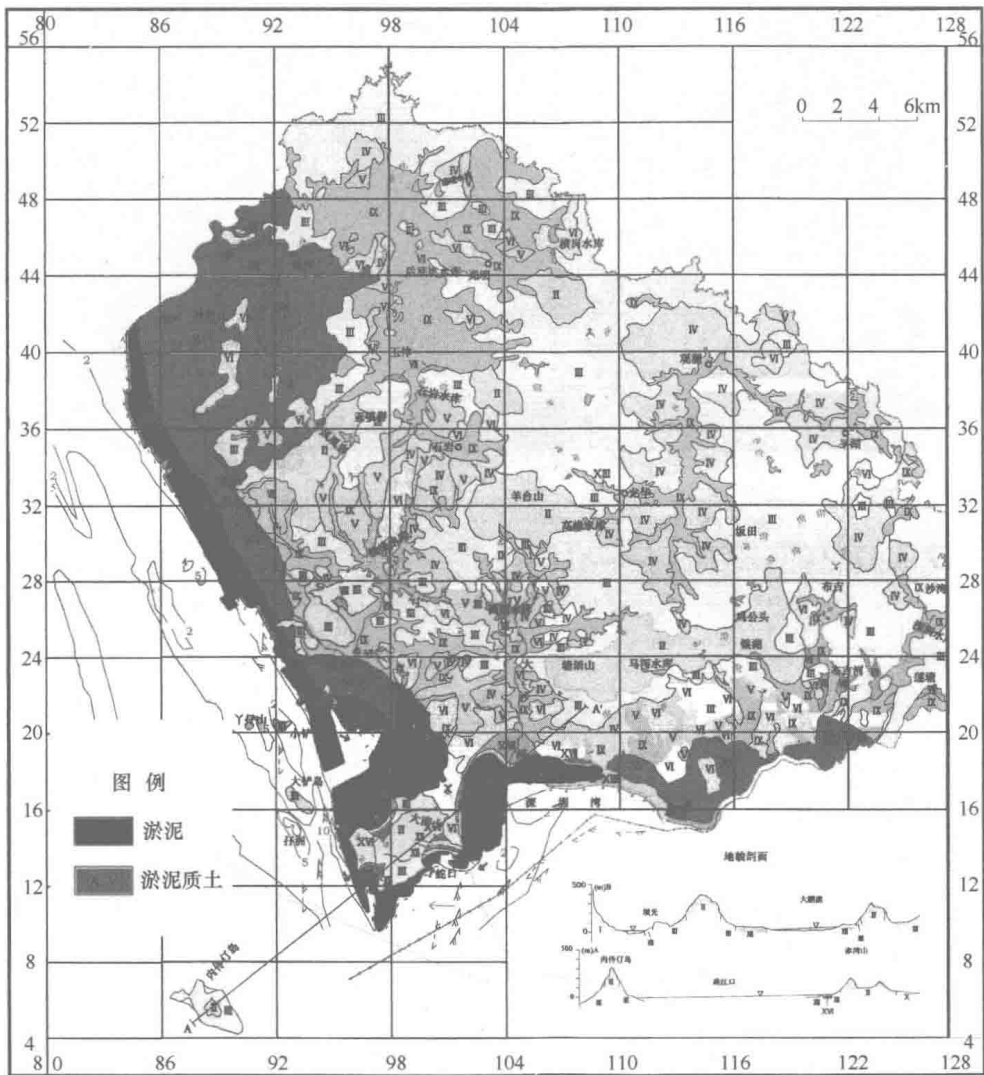


图 1-4 深圳市西部地区淤泥分布图
(此图来源于深圳市标准《地基基础勘察设计规范》SJG 01—2010)

1.1.2 深圳填海区的基本概况

自深圳特区创建以来，围海造地就一直没有停止过。围海造地初期是因为港口、码头和机场的建设需要，如最早的蛇口码头，到 20 世纪 80 年代的妈湾港、赤湾港和深圳机场，80 年代末的盐田港等围海造地项目。90 年代以后的填海项目，则主要是解决工程建设用地的问题，从皇岗口岸、福田保税区的建设，到深圳湾、宝安新中心区、深港西部通道等大型填海项目，再到后海湾填海区、前海湾填海区以及大铲岛填海区，西乡至沙井土地整备项目等。90 年代以后涉及的大面积围海造地，累计造地面积达到 50km² 以上。图 1-5 表明了深圳主要填海项目的历史演化，包括深圳西海岸岸线的历史演变（1979~2016 年），以及深圳早期、近期填海项目的分布图等。

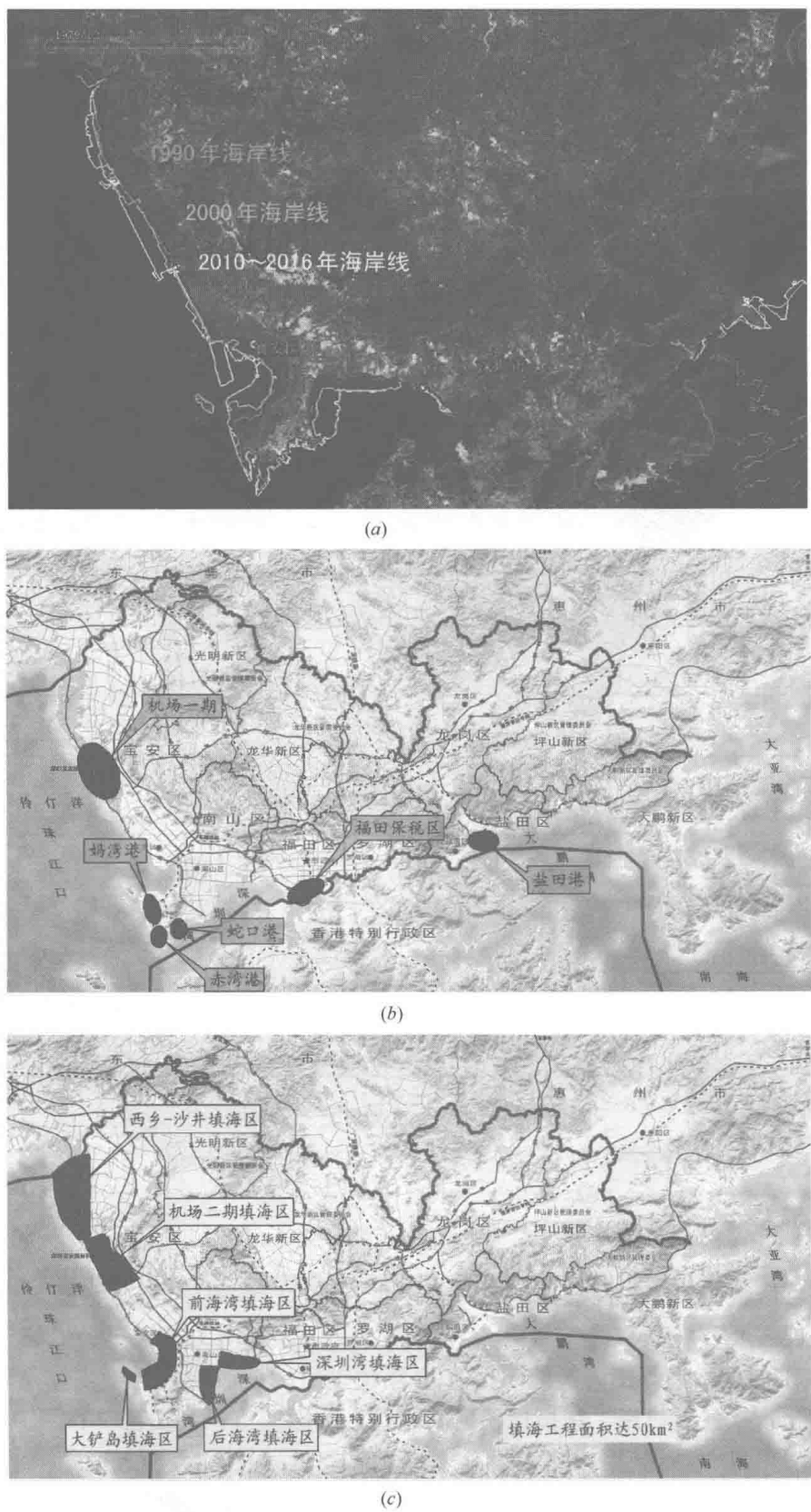


图 1-5 深圳主要填海项目历史演化图

(a) 深圳西海岸岸线的历史演变（1979~2016 年）；(b) 深圳早期填海项目；(c) 深圳近期填海项目

深圳最早的蛇口港填海工程主要由中交三航院等单位负责,采用了开山采石、抛石挤淤的方式形成海堤,如蛇口三突堤等,该法后来成为深圳市主要的海堤构筑形式,填料主要采用开山取土,软基处理主要采用预压法。深圳最早的预压法试验,是在深圳机场填海区进行的,由铁道部科学研究院周镜院士主持完成,浙大和铁四院等单位参与试验,试验取得了成功^[7]。从此,堆载预压法就成为深圳填海区软基处理的主要方法,随之在深圳保税区、深圳湾填海区(包括滨海大道路基)、深港西部通道填海区等项目中推广应用。而真空预压法直到21世纪初才在前海填海区得到大面积使用。我院除了参与大多数填海区的勘测工作外,还参与了最早的深圳机场填海区预压法试验区的袋装砂井施工,深圳保税区填海工程的塑料排水板施工,深港西部通道填海区第二、第三标施工等工作。特别是2002年,我院中标承担了后海填海区4.27km²的填海及地基处理设计工作,2005年中标承担了前海填海区3.6km²的填海及地基处理设计工作,标志着我院在大规模填海工程中具备承担勘察、设计和施工全过程任务的实力。我院在深圳填海及软基处理工程中处于领先水平,也积累了丰富的地区经验。本书将重点介绍我院在填海及软基处理工程中的勘察、设计和施工经验。

1.2 深圳软土的基本特征和主要工程问题

1.2.1 深圳软土的基本特征

工程上将淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土、冲填土、素填土和饱和软黏性土统称为软土。本书所指的深圳软土,主要是指从深圳湾到珠江入海口东岸的海积淤泥和淤泥质土。珠江河流到达入海口后,流速变得很小,细颗粒沉积下来,慢慢就形成了淤泥滩涂;深圳海岸滩涂地带的海积淤泥层,厚度不大,一般为3m~10m,但含水量较高,最高可达100%以上,基本呈流动状态。埋藏于海积平原的海陆交互相沉积的淤泥质黏性土,含水量一般为40%~60%,呈流塑状态。尚有呈透镜埋藏于砂层或其他土层的淤泥质黏性土,含水量为40%左右,液性指数接近于1.0,呈软塑—流塑状态。湖沼相沉积的含泥炭质黏性土,在深圳也有发现,此类含泥炭质黏性土含水量虽然较高,但液性指数往往小于1.0,野外观察与触摸已呈可塑状态。深圳软土具有天然含水量大、压缩性高、承载力低、渗透性小等特点,是一种呈软塑到流塑状态的饱和黏性土。深圳地区软土物理力学性质指标统计如表1-1所示,典型工程的淤泥物理力学性质指标如表1-2所示。

从表1-2可以看出深圳软土的物理学性质与其成因、时代和所处位置的地形、地貌及物质来源有关。其中,深圳河边淤泥性质比深圳湾边淤泥性质好,深圳湾边淤泥性质比珠江口伶仃洋东岸淤泥性质好,海积平原淤泥性质比滨岸低潮干出滩淤泥性质好。低潮干出滩淤泥性质比水下浅滩淤泥性质好,沉积物质来自河水的淤泥性质比沉积物质来自伶仃洋潮水的淤泥性质好。

了解和掌握软土的工程特性^[1],对于理解软基处理的设计理论以及参数选取十分重要,也对工程设计及施工具有重要的指导和实践意义。深圳软土具有以下基本特征:

(1) 天然含水量高、孔隙比大:多呈流塑状态,其天然含水量一般大于40%,海岸浮泥的含水量甚至超过200%。深圳软土的饱和度一般大于90%,液性指数大于1.0,淤泥的孔隙比也很大,平均超过2.0。